



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 46 448.3

**Anmeldetag:** 18. September 2000

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG,  
Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Bestimmung des Momentes an der  
Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine

**IPC:** F 02 D 41/00

RECEIVED  
APR 03 2002  
TC 1700

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. September 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Eber1

21.09.01



DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

FTP/S SF  
14.09.2000

Verfahren zur Bestimmung des Momentes an der  
Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Momentes an der Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Der Anmelderin ist es bekannt, das Moment an der Kurbelwelle bei einem Ottomotor über den Wert des Massenliefergrades zu bestimmen. Dazu wird der zeitliche Verlauf des Massenliefergrades selbst bestimmt durch eine Abschätzung. Das Moment wird dann entsprechend dieser Abschätzung ermittelt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren vorzuschlagen, mit dem das von der Brennkraftmaschine abgegebene Moment insbesondere in instationären Zuständen genauer bestimmbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß nach Anspruch 1 gelöst, wonach bei der Ermittlung der Arbeit an der Kurbelwelle im jeweiligen Arbeitsspiel die Ansaugarbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Ansaugtakt befindlichen Zylinders, die Kompressionsarbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Verdichtungstakt befindlichen Zylinders, die Verbrennungsarbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Verbrennungstakt befindlichen Zylinders sowie die Ausschiebearbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Ausschietakt befindlichen Zylinders berücksichtigt wird.

Dadurch lässt sich auch unter instationären Bedingungen die an der Kurbelwelle erbrachte Arbeit arbeitsspiel-synchron

21.08.01

bestimmen. Ein Ausführungsbeispiel für die Durchführung ist im Zusammenhang mit den Figuren erläutert.

Durch diese genaue Bestimmung des zeitlichen Verlaufes des Momentes ergibt sich die Möglichkeit, Verfahren zur Steuerung oder Regelung von Brennkraftmaschinen erheblich zu verbessern, indem bei den entsprechenden zugrunde liegenden Modellen das an der Kurbelwelle abgegebene Moment exakt bestimmbar wird, insbesondere auch hinsichtlich seines zeitlichen Verlaufes unter instationären Bedingungen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt. Es zeigt dabei:

Fig. 1: ein Diagramm des Zylinderdrucks über dem Hubvolumen bei einem 4-Zylinder-Motor als Indikatordiagramm über ein Arbeitsspiel der jeweiligen Zylinder,

Fig. 2a: ein Diagramm des Zylinderdrucks über dem Hubvolumen, aus dem heraus die Ansaugarbeit ermittelbar ist,

Fig. 2b: ein Diagramm des Zylinderdrucks über dem Hubvolumen, aus dem heraus die Kompressionsarbeit ermittelbar ist,

Fig. 2c: ein Diagramm des Zylinderdrucks über dem Hubvolumen, aus dem heraus die Verbrennungsarbeit ermittelbar ist,

Fig. 2d: ein Diagramm des Zylinderdrucks über dem Hubvolumen, aus dem heraus die Ausschiebearbeit ermittelbar ist, und

Fig. 3a bis 3d zeigen die entsprechenden Verhältnisse bei einem 8-Zylinder-Motor.

Figur 1 zeigt ein Indikatordiagramm eines 4-Zylindermotors, bei dem für ein Arbeitsspiel die Druckverhältnisse in den Zylindern über dem Hubvolumen aufgetragen sind. In jedem Arbeitsspiel läuft ein komplettes Indikatordiagramm ab. Wie ausgeführt können unter instationären Bedingungen die Anteile der einzelnen Zylinder am Indikatordiagramm aufgrund

21.08.01

unterschiedlicher Bedingungen zum Ansaug-, Arbeits- und Ausschiebezeitpunkt differieren. Vorteilhaft wird daher für jedes Arbeitsspiel einzeln die jeweilige Ansaug-, Kompressions-, Verbrennungs- und Ausschiebearbeit ermittelt.

Beispielsweise können daraus vorteilhaft Stellgrößen abgeleitet werden für eine zeitnahe Einstellung eines exakten Momentes. Diese Stellgrößen können die wirkungsgradbeeinflussenden Stellgrößen des Zylinders sein, der sich gerade im Arbeitstakt befindet. Bei einem direkteinspritzenden Motor oder einem Dieselmotor kann auch die Wärmemenge über die zugeführte Kraftstoffmenge variiert werden. Die Stellgrößen können bei einer zeitnahen Bestimmung so abgeleitet werden, dass durch die Beeinflussung der Stellgrößen im nächsten Arbeitsspiel oder unter Umständen noch im aktuellen Arbeitsspiel eine Anpassung des Momentes möglich ist, so dass schnellstmöglich ein exaktes Moment einstellbar wird.

Weiterhin kann dieses ermittelte Moment auch als Eingangsgröße anderen Systemen und Steuergeräten zur Verfügung gestellt werden, die für ihre eigene Funktion diese von der Kurbelwelle abgegebene Moment kennen müssen.

In der Darstellung der Figur 1 ist mit dem Index "i" das aktuelle Arbeitsspiel gemeint. Die Indices (i-1), (i-2), (i-3) betreffen die jeweiligen vorhergehenden Arbeitsspiele. In der Darstellung der Figur 1 ist von dem Zylinder 4 der Teil der Trajektorie zu sehen, der dem Ansaugtakt entspricht. Am rechten Ende der Trajektorie werden die Einlassventile geschlossen. Aus der Kenntnis der angesaugten Luftmenge beim Schließen der Einlassventile lassen sich dann die jeweiligen Arbeitsanteile in den folgenden Arbeitsspielen bestimmen. Mit der angesaugten Luftmenge liegt insbesondere die Kompressionsarbeit fest, die im folgenden Arbeitsspiel zu bestimmen ist. In dem darauf folgenden Arbeitsspiel kann die Expansionsarbeit beispielsweise noch durch einen Eingriff in

21.08.01

die Stellgrößen beeinflusst werden, die sich auf den Wirkungsgrad auswirken. Bei einem direkteinspritzenden Motor oder einem Dieselmotor kann auch die Wärmemenge über die zugeführte Kraftstoffmenge variiert werden. Hier besteht also noch eine Eingriffsmöglichkeit, um ein bestimmtes Moment einzustellen. Die Ausschiebearbeit liegt ebenfalls fest aufgrund der eingefüllten Menge und dem Ablauf des Verbrennungsvorgangs.

Das bedeutet also, dass die Information über die in den einzelnen Zylinder eingefüllte Menge beim Schließen der Einlassventile verwendet wird, um nachfolgend die entsprechenden Arbeitsanteile dieses Zylinders in den jeweiligen Arbeitsspielen zu bestimmen.

Diese Bestimmung kann wie nachfolgend erläutert durch ein Modell erfolgen. Ebenso ist aber auch eine Bestimmung mittels Kennlinien bzw. Kennfeldern möglich oder auch durch eine Ladungswechselberechnung.

Figur 2a zeigt ein Diagramm, in dem die Ansaugarbeit verdeutlicht wird in einem Arbeitsspiel  $TN_{(i)}$ . Es ist wieder der Druck in dem Zylinder über dem Hubvolumen aufgetragen. Mit  $p_{atm}$  ist der Atmosphärendruck (Umgebungsdruck) bezeichnet. Der Mitteldruck im Ansaugtakt  $p_{msaug(i)}$  ergibt sich zu:

$$p_{msaug(i)} = (p_{atm} - p_{saug(i)}) * m + p_{msaugrest}$$

Dies wird im einzelnen nochmals im Zusammenhang mit Figur 5 erläutert.

Figur 2b zeigt ein Diagramm, in dem die Kompressionsarbeit verdeutlicht wird. Es ist wieder der Druck in dem Zylinder über dem Hubvolumen aufgetragen. Der Mitteldruck im Kompressionstakt ergibt sich zu

$$p_{mkomp(i-1)} = \frac{p_1 * V_1}{(\kappa - 1) * V_{Hub}} * ((V_1/V_k)^{\kappa-1} - 1)$$

21.08.01

Bei der Gesamtbilanz ist vorteilhaft die genaue Kenntnis der Größe  $\kappa$  nicht erforderlich, weil bei der Verbrennungsarbeit die Kompressionsarbeit mit demselben  $\kappa$  wieder abgezogen bzw. addiert wird. Es handelt sich hier zwar um die Kompressionsarbeit eines anderen Zylinders, es hat sich jedoch gezeigt, dass Ungenauigkeiten bei der Größe  $\kappa$  auf die Differenz dieser Kompressionsarbeiten einen vernachlässigbaren Einfluss haben.

Figur 2c zeigt ein Diagramm, in dem die Verbrennungsarbeit verdeutlicht wird. Mit dem Index "i" ist das aktuelle Arbeitsspiel bezeichnet. Es ist wieder der Druck in dem Zylinder über dem Hubvolumen aufgetragen. Der Verbrennungsmitteldruck  $p_{mverb(i-2)}$  ergibt sich zu:

$$p_{mverb(i-2)} = p_{mkomp(i-2)} + p_{miHD(i-2)}$$

Der mittlere indizierte Hochdruck  $p_{miHD(i-2)}$  aufgrund des Verbrennungsvorgangs lässt sich als Funktion des Massenliefergrades sowie des Zündzeitpunktes auf dem Prüfstand bestimmen. Auf dem Prüfstand ergibt sich die Fläche zwischen der Expansionskurve und der Kompressionskurve. Um die Fläche unter der Expansionskurve zu erhalten, muss die Kompressionsarbeit wieder addiert werden.

Der Verbrennungsmitteldruck  $p_{mverb(i-2)}$  über 180°KW ist in der Figur 2c mit der Bezugsziffer 201 bezeichnet, der Kompressionsmitteldruck über 180°KW ist in der Figur 2c mit der Bezugsziffer 202 bezeichnet.

Figur 2d zeigt ein Diagramm, in dem die Ausschiebearbeit verdeutlicht wird. Es ist wieder der Druck in dem Zylinder über dem Hubvolumen aufgetragen. Der Mitteldruck im Ausschietakt  $p_{maus(i-3)}$  ergibt sich zu:

$$p_{maus(i-3)} = p_{abg} * b + p_{mausrest}$$

Hierbei ist  $p_{abg}$  der Druck im Abgasrohr, der bezüglich der Ausschiebearbeit als Gegendruck wirkt. Wie im Zusammenhang mit

21.08.01

Figur 6 noch näher erläutert, ergibt sich daraus der Mitteldruck im Ausschietakt zu:

$$P_{\text{maus}(i-3)} = (TL_{(i-3)})^2 * d * b + P_{\text{mausrest}}$$

Die Größe TL bezeichnet dabei den Massenliefergrad, die Größen d und b sind Konstanten.

In der vorstehenden Erläuterung wurden die Anteile der einzelnen Zylinder mittels eines Modells beschrieben, so dass diese Anteile analytisch darstellbar sind.

Wesentlich ist aber weniger die genaue Art der Bestimmung der einzelnen Anteile als vielmehr die arbeitsspiel-synchrone Bestimmung dieser Anteile. Die Anteile können beispielsweise auch mittels Kennfeldern bestimmt werden.

Die Figuren 3a bis 3d zeigen die Verhältnisse bei einem 8-Zylinder-Motor. Hier ist zu beachten, dass ein Arbeitsspiel einer Drehung der Kurbelwelle um 90° entspricht.

In der Figur 3c ist - vergleichbar zu den Verhältnissen bei der Figur 2c der Verbrennungsmitteldruck über 1800KW mit der Bezugsziffer 301 bezeichnet und der Kompressionsmitteldruck über 1800KW mit der Bezugsziffer 302. Der Verbrennungsmitteldruck ergibt sich zu:

$$\text{Verbrennungsmitteldruck} = (ATN_{(i-4)} + ATN_{(i-5)}) / 2$$

Die Größe ATN ist die gemittelte Arbeit über den betrachteten Kurbelwinkel. Bei einem 8-Zylinder-Motor ist  $ATN_{(i-4)}$  die gemittelte Expansionsarbeit über die ersten 90° Kurbelwinkel für den Zylinder, der sich am beginnenden Arbeitstakt befindet.  $ATN_{(i-5)}$  ist die gemittelte Expansionsarbeit über die zweiten 90° Kurbelwinkel für den Zylinder, der sich im zweiten Teil des Arbeitstakts befindet.

Die Größe  $ATN_{(i-4)} / ATN_{(i-5)}$  lässt sich als Funktion der Schwerpunktlage und der Kompressionsarbeit darstellen. Mit der Bezeichnung "ATN" ist jeweils die schraffierte Fläche in der Darstellung der Figur 3c bezeichnet.

21.09.01

DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

FTP/S SF  
14.09.2000

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Momentes an der Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass bei der Ermittlung der Arbeit an der Kurbelwelle im jeweiligen Arbeitsspiel die Ansaugarbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Ansaugtakt befindlichen Zylinders, die Kompressionsarbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Verdichtungstakt befindlichen Zylinders, die Verbrennungsarbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Verbrennungstakt befindlichen Zylinders sowie die Ausschiebearbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Ausschiebetakt befindlichen Zylinders berücksichtigt wird.

21.09.01

DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

FTP/S SF  
14.09.2000

### Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Momentes an der Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine, wobei bei der Ermittlung der Arbeit an der Kurbelwelle im jeweiligen Arbeitsspiel die Ansaugarbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Ansaugtakt befindlichen Zylinders, die Kompressionsarbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Verdichtungstakt befindlichen Zylinders, die Verbrennungsarbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Verbrennungstakt befindlichen Zylinders sowie die Ausschiebearbeit des im jeweiligen Arbeitsspiel im Ausschiebetakt befindlichen Zylinders berücksichtigt wird.

21.08.01  
1/4

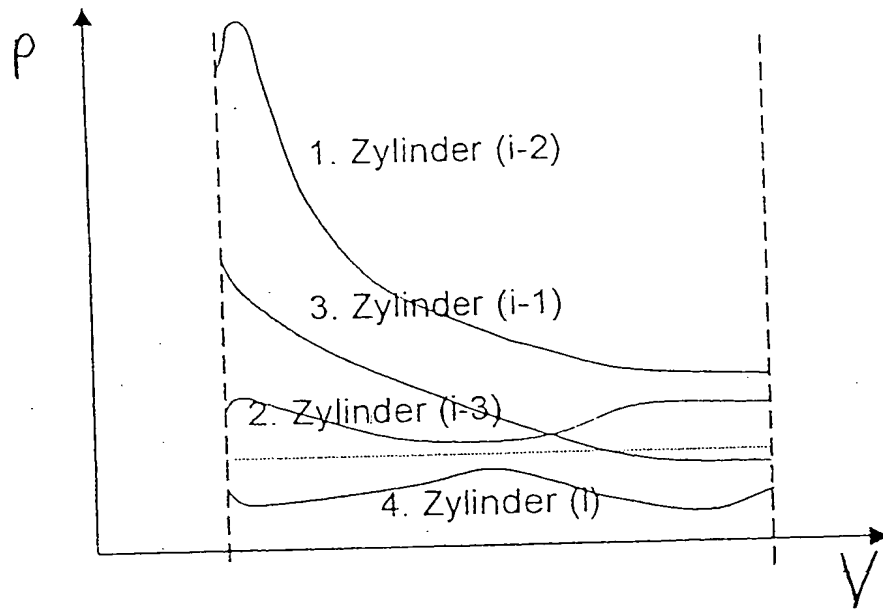


Fig. 1

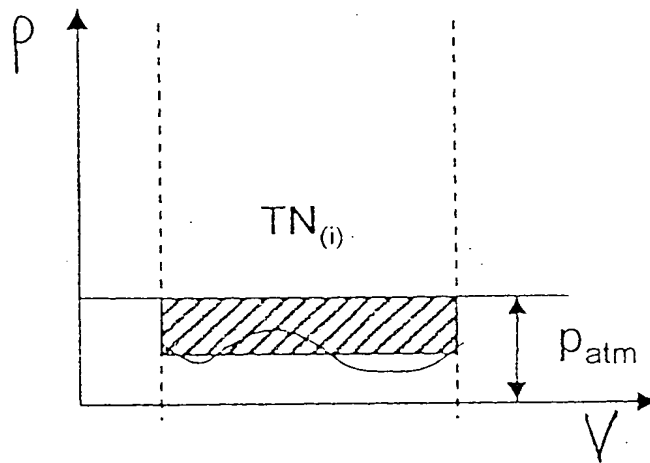


Fig. 2a

2108-01

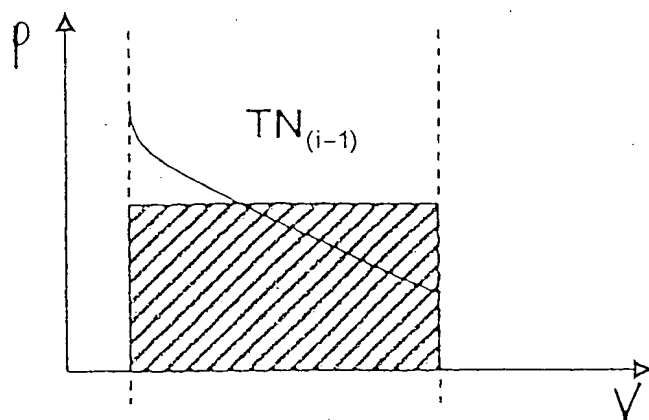


Fig. 2b

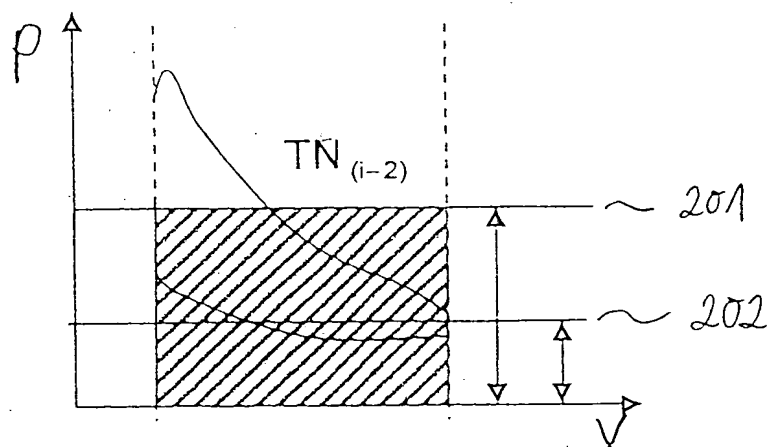


Fig. 2c

21.08.01  
3/4

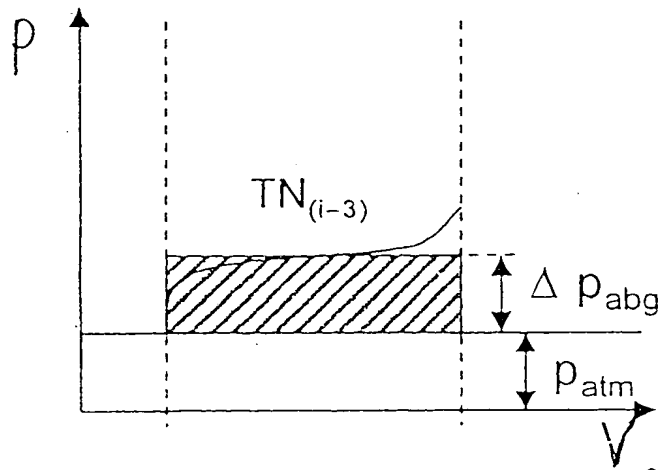


Fig. 2d

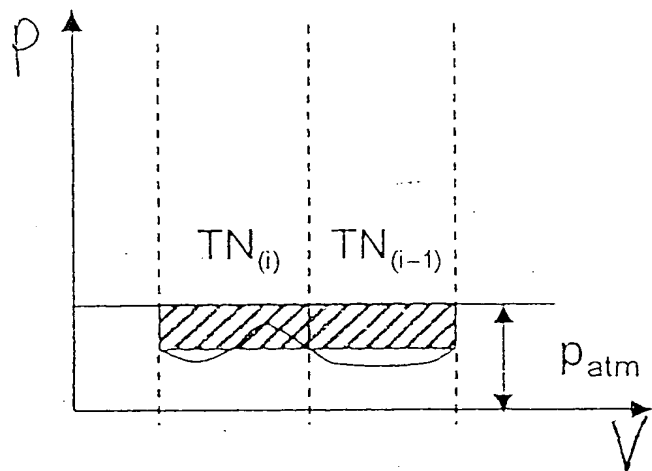


Fig. 3a

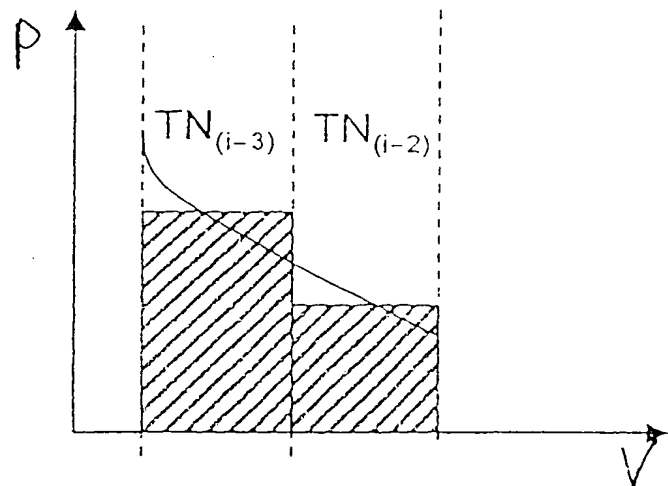


Fig. 3b

24/408.01

